

Tadeusz Szuk  
MIMUW

## Komputer za O(30) lat

W dotychczasowej, relatywnie krótkiej, historii komputerów można zaobserwować pewną istotną prawidłowość. Jedyne, co można powiedzieć na pewno o ich rozwoju, to to, że niczego nie można powiedzieć na pewno. Całą pracę dałoby się w zasadzie wypełnić sformułowanymi niegdyś poważnymi opiniami w tej sprawie, które dziś krążą jako żarty. Ponieważ jednak tematem tych rozważań ma być przyszłość, nie przeszłość, bardziej stosownym jest mimo wszystko poważnie się wyrażenie pewnych prognoz z pełną świadomością, że zapewne zostaną one wyśmiane przez przyszłe pokolenia. Podanie dokładnych przewidywań czasowych byłoby jednak zarozumiałością, która przekracza możliwości autora, stąd zastosowanie notacji asymptotycznej w tytule.

Jak więc będzie wyglądał komputer w przyszłości? Wielu entuzjastów nowoczesnych technologii uważa, że będzie to komputer kwantowy. Załóżmy więc, że wszelkie występujące obecnie trudności uda się przezwyciężyć i będzie możliwa produkcja urządzeń z grubszą odpowiadających teoretycznemu modelowi komputera kwantowego, jaki znamy obecnie. Nawet wówczas całkowity zanik „klasycznych” procesorów wydaje się mało prawdopodobny (czyli, w świetle poprzednich rozważań, całkiem możliwy). Rozwiązanie takie byłoby zapewne możliwe, jednak wielce niewygodne, z przyczyn opisanych poniżej.

Komputery kwantowe wymuszają model programowania bardzo różny od tradycyjnego. Z teoretycznego punktu widzenia jest to niezwykle ciekawe i tworzy pole do bardzo interesujących badań w dziedzinach takich jak algorytmika i złożoność obliczeniowa. W praktyce jednak bardzo komplikuje to pracę twórców oprogramowania, co w naturalny sposób przekłada się na ilość błędów kodzie. W świetle coraz szybszego powiększania się zbioru urządzeń sterowanych przez komputery może to mieć wręcz katastrofalne skutki. Już dzisiaj źródłem wielu problemów<sup>1</sup> jest zwykłe programowanie współbieżne. Działanie nawet bardzo prostych programów wielowątkowych często jest bowiem sprzeczne z intuicją<sup>2</sup>. W dodatku pojawia się mnóstwo nowych rodzajów błędów, trudnych do uniknięcia i jeszcze trudniejszych do poprawienia (z uwagi na niedeterminizm). W przypadku komputerów kwantowych problem może być jeszcze gorszy. Jeśli więc oferowane przez nie możliwości nie usprawniają znacząco rozwiązania jakiegoś problemu, nie wydaje się sensownym korzystanie z nich.

Drugim problemem może się okazać konieczność pozbycia się większości istniejącego oprogramowania. Współczesny przemysł nie jest raczej przygotowany do takiego kroku. Najlepszym dowodem tej tezy jest historia najpopularniejszej obecnie rodziny procesorów – x86. Firma intel wprowadziła je jako produkt

---

1 Zwłaszcza dla studentów drugiego roku informatyki

2 Dobrym sposobem przekonania się o tym jest zadanie grupie ludzi następującej klasycznej zagadki:

„Każdy ze stu naukowców wykonuje sto razy następujący ciąg czynności:

1. Wchodzi do pokoju i zapamiętuje liczbę zapisaną na tablicy
2. Idzie na kawę.
3. Wchodzi do pokoju, ściera tablicę i zapisuje  $1 +$  liczbę, którą odczytał w kroku 1.

Na początku na tablicy jest liczba 0. W pokoju w żadnym momencie nie przebywa więcej niż jeden naukowiec. Jaka jest największa i najmniejsza liczba, jaka może zostać na koniec na tablicy?”

Doświadczenia wskazują, że mimo prostoty opisanego procesu większość pytanych nie podaje poprawnie najmniejszej liczby.

tymczasowy i w związku z tym nie przykładła większej wagi do sensowności projektu. Niestety procesor się upowszechnił i powstała duża liczba działających na nim programów. W efekcie do dziś zmuszeni jesteśmy do korzystania ze sprzętu o antycznym i nieefektywnym zestawie instrukcji<sup>3</sup>. Wprowadzenie komputerów kwantowych byłoby dużo poważniejszą zmianą niż przejście z jednej rodziny krzemowych procesorów na inną i stąd spotka się zapewne z silnym oporem ze strony dużych korporacji.

Przytoczone powyżej argumenty wskazują, że przyszłość (przynajmniej ta bliższa) należeć będzie raczej do maszyn hybrydowych, to jest łączących tradycyjne technologie krzemowe z nowoczesnymi (komputerami kwantowymi, DNA czy podobnymi). Już teraz komputer zawiera wiele procesorów dostosowanych do różnorodnych zadań<sup>4</sup> - mamy karty sieciowe, graficzne, muzyczne, sterowniki dysków twarde i tym podobne. Być może za jakiś czas powstaną też karty do obliczeń kwantowych? Takie rozwiązanie umożliwiłoby łagodne przejście między systemami klasycznymi a nowoczesnymi. Z drugiej strony tworzy też pewne ryzyko – doświadczenia z czasów komputeryzacji pokazują, że wprowadzenie nowej technologii przy zachowaniu starej zwykle źle się kończy dla tej pierwszej<sup>5</sup>.

Technika kwantowa może być również użyta do zwiększenia sprawności tradycyjnych (pod względem modelu obliczeń) komputerów. Całkiem zaawansowane są na przykład badania nad pamięcią opartą na kropkach kwantowych<sup>6</sup>. Co prawda złośliwi twierdzą, że kropki kwantowe nie będą się nadawać do przechowywania informacji dopóki nie zostaną odkryte kwantowe kreski, ale, mimo wszystko, wydaje się całkiem prawdopodobne, że takie właśnie technologie odgrywać będą kluczową rolę w rozwoju komputerów najbliższym czasie.

Bardzo dużym zmianom ulegnie zapewne w przyszłości sposób sterowania komputerem przez człowieka (miejmy nadzieje, że nie odwrotnie...). Również oprogramowanie korzystające z wspomnianych wcześniej technologii będzie wyglądać inaczej niż to, z którego korzystamy dziś. Kwestie te są bardzo ciekawe i, co więcej, związane z omawianym tematem. Niestety, ograniczony rozmiar tej pracy nie pozwala na dokładniejsze ich rozważenie.

---

3 W zasadzie współczesne procesory tłumaczą instrukcje x86 na swój mikrokod i dopiero ten jest wykonywany, ale i tak odbywa się to ze szkodą dla efektywności...

4 Ciekawe efekty daje stosowanie ich do innych zadań niż te, do których były pierwotnie przeznaczone, na przykład wykonywanie różnych obliczeń na procesorze graficznym – <http://developer.nvidia.com/cuda>

5 Aha! Więc winda na wydziale źle działa, bo po jej zamontowaniu nie rozebrano schodów?

6 <http://arstechnica.com/news.ars/post/20071226-the-perfect-computer-memory.html>